

ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 629.7.018

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/02>

Булавка С.С.

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

ЗАСТОСУВАННЯ ДИFUЗОРА ПОВІТРЯ ДЛЯ ТЕРМОСТАТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ РАКЕТИ-НОСІЯ

Термостатування – це контрольована подача або відбір енергії нагріву або охолодження з метою підтримки постійної температури середовища. Для цих процесів застосовуються автоматичні системи термостатування робочих середовищ, які знайшли своє широке застосування в аерокосмічній галузі промисловості. На цей час ведуться роботи зі створення перспективних комплексів для ракетно-носіїв легкого і середнього класу із застосуванням дифузора повітря. Актуальною залишається проблема створення системи термостатування, що забезпечує надійну, безвідмовну роботу з мінімальними економічними та енергетичними затратами. При цьому повинна забезпечуватися екологічна безпека і безпека роботи персоналу під час експлуатації. Система транспортного термостатування призначена для підтримки температурно-вологісного режиму в підобтікаючому просторі під час транспортування РН з МІКа на стартову позицію до моменту включення в роботу системи термостатування низького тиску, а також під час транспортування РН зі стартової позиції в МІК у разі скасування пуску.

У цій роботі автором розглянуто декілька прикладів різноманітних систем термостатування об'єктів ракети-носія. Розглянуто, що відноситься до ракетно-космічної техніки, а саме до засобів забезпечення термостатування об'єктів ракети-носія (РН), корисного вантажу (КВ), приладів системи управління (СУ) та інших об'єктів та призначене для термостатування цих об'єктів в період передстартової підготовки блоків ракети-носія. Проаналізовано основні елементи дифузору повітря для термостатування об'єктів ракети-носія та його застосування.

Результатами даної роботи є застосування дифузора спрощеної конструкції і розширеними експлуатаційними можливостями для термостатування об'єктів, що розміщуються в блоках ракети-носія, в період їх передстартової підготовки.

Ключові слова: дифузор, застосування, термостатування, ракета-носії.

Постановка проблеми. Термостатування – це контрольована подача або відбір енергії нагріву або охолодження з метою підтримки постійної температури середовища. Для цих процесів застосовуються автоматичні системи термостатування робочих середовищ, які знайшли своє широке застосування в аерокосмічній галузі промисловості.

На цей час ведуться роботи по створенню перспективних комплексів для ракет-носіїв легкого і середнього класу із застосуванням дифузора повітря.

Актуальною залишається проблема створення системи термостатування, що забезпечує надійну, безвідмовну роботу з мінімальними економічними та енергетичними затратами. При цьому повинна забезпечуватися екологічна безпека і безпека роботи персоналу під час експлуатації.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Розглянемо у цій статті декілька прикладів різноманітних систем термостатування об'єктів ракети-носія [1–4].

Для термостатування підобтікаючого простору використовуються три системи термостатування, що працюють за принципом активного вентилявання.

Система транспортного термостатування призначена для підтримки температурно-вологісного режиму в підобтікаючому просторі під час транспортування РН з МІКа на стартову позицію до моменту включення в роботу системи термостатування низького тиску, а також під час транспортування РН зі стартової позиції в МІК у разі скасування пуску.

Система термостатування низького тиску призначена для подачі термостатуючого повітря під

ДАТ в період від відключення системи транспортного термостатування до початку відведення транспортно-інсталяційного агрегату [5–6].

Система термостатування простору, підобтікаючого повітрям високого тиску, призначена для подачі термостатуючого повітря під обтічник в період від відключення системи термостатування низького тиску до старту РН, а також у разі скасування пуску до моменту включення в роботу системи термостатування низького тиску.

З метою запобігання виходу температури корисного вантажу за допустимі межі за відмови системи термостатування низького тиску передбачено використання системи термостатування високого тиску як резервної. Для продувки підобтікаючого простору використовуються повітря і технологічний газ, що відповідають класу чистоти М5.5 (10000) по FED-STD-209E. Системи термостатування забезпечують в порожнині ДАТ температуру повітря в діапазоні 13 ... 25°C, а швидкість газу на поверхні корисного вантажу (ПГ) не більше 2 м/с.

ТОВ «МІКЕМ» має практичний досвід розробки робочого проекту та виготовлення «Мобільного кондиціонера транспортної системи термостатування», далі за текстом «МК».

МК призначений для подачі термостатуючого повітря із заданими пара-метрами в головний обтічник ракети-носія «Зеніт-2SLБ» і «Зеніт-3SLБ» у Міці РН, а також під час їх транспортування на об'єкті підготовки та запуску РН.

Розглянемо також систему термостатування головного блока ракети. Система термостатування головного блока ракети містить забірний пристрій повітря навколишнього середовища, поєднаний з фільтром попереднього очищення повітря, встановленим перед входом в компресор, який подає повітря в перший і другий охолоджувачі повітря, за якими встановлені електронагрівач повітря, фільтр тонкого очищення повітря, блок контролю чистоти повітря, а також магістральний трубопровід подачі повітря до головного блока. Вона оснащена термоелектричною батареєю, встановленою на вході забірного пристрою повітря, оснащеною джерелом живлення і блоком автоматизованого управління і контролю [6].

Розглянемо спосіб повітряного термостатування ракети-носія на рідкому водні, що ґрунтується на стисканні, сушінні до необхідної температури точки роси, нагріванні або охолодженні до необхідної температури атмосферного повітря і подаванні у ракету-носію до початку заправлення її рідким воднем, а з моменту початку заправ-

лення ракети-носія рідким воднем і до моменту пуску – подавання у ракету-носію підігрітого до необхідної температури газоподібного азоту. Газоподібний азот отримують шляхом розділення атмосферного повітря, стиснутого до тиску 1,2-1,6 МПа, на газоподібний азот, тиск котрого у процесі розділення атмосферного повітря знижують до необхідної величини на вході у ракету-носію, і газоподібний кисень, котрий скидають у навколишнє середовище [7].

Постановка завдання. Основною метою та завданням дослідження є застосування дифузора спрощеної конструкції і розширеними експлуатаційними можливостями для термостатування об'єктів, що розміщуються в блоках ракети-носія, в період їх передстартової підготовки.

Об'єкт дослідження цієї статті належить до ракетно-космічної техніки, а саме до засобів забезпечення термостатування об'єктів ракети-носія (РН), наприклад, корисного вантажу (КВ), приладів системи управління (СУ) та інших об'єктів, що розміщуються в головному блоці (ГБ), блоці корисного вантажу (БПГ) космічної головної частини (КГЧ) і ракетному блоці (РБ) РН, і призначене для термостатування цих об'єктів у період передстартової підготовки блоків РН.

Завдання дослідження вирішується таким чином: дифузор для термостатування об'єктів ракети-носія містить корпус з вхідним і вихідними отворами, відповідно до винаходу; корпус дифузора виконаний у вигляді замкнутої ємності симетричної форми з трьома вихідними отворами, що знаходяться в площинах, перпендикулярних площині розташування вхідного отвору, при цьому два вихідних отвори розташовані у взаємно перпендикулярних площинах, причому в дифузори співвісно та з зазорами між собою встановлені направляючі тарелі, що утворюють розширювані канали перетікання термостатуючого середовища, повідомляючи вхідний і вихідні його отвори.

Виклад основного матеріалу дослідження. Термостатування – це контрольована подача або відбір енергії нагріву або охолодження з метою підтримки постійної температури середовища. Для цих процесів застосовуються автоматичні системи термостатування робочих середовищ, які знайшли своє широке застосування в аерокосмічній галузі промисловості.

Головний аеродинамічний обтічник (ДАТ) ракети-носія (РН) призначений для захисту космічного апарату (КА) від зовнішніх впливів, включаючи вплив теплових і аеродинамічних

навантажень під час транспортування повністю зібраної РН, на старті і на атмосферній ділянці польоту РН [8].

Відомі і широко застосовуються, наприклад, в авіації дозвукові дифузори, призначені для формування потоку газу на виході з дифузорів в осьовому напрямку. Використовуються в складі повітрязбірників повітряно-реактивних двигунів, аеродинамічних трубах і інших пристроях [9].

Дифузори містять корпус з вхідним і вихідним отворами, з'єднаними розширюваним каналом, що забезпечує витікання газового середовища з розрахунковими (дозвуковими) швидкостями в вихідному отворі дифузора. При цьому профільований канал дифузора забезпечує гальмування газового середовища, і в ньому відбувається перетворення кінетичної енергії потоку на тиск.

На рис.1 в ізометрії наведено загальний вигляд дифузора, виконаний у варіанті 1, і показані основні його елементи та його проекції.

На рисунку 2 ілюструється векторне поле швидкостей в каналах дифузорів.

На рисунку 3 показується фрагмент РБ із застосуванням дифузора для термостатування приладів СУ.

На цих рисунках елементи дифузора позначено такими номерами:

1 – корпус; 2 – вхідний отвір; 3, 4, 5 – вихідні отвори; 6 – тарелі; 7 – корисний вантаж (ПГ); 8 – обтічник головного блоку (ГБ); 9 – прилади системи управління (СУ); 10 – обтічник ракетного блоку (РБ).

Дифузор, виконаний у варіанті 1 (рис. 1), для термостатування об'єктів РН містить корпус 1 еліпсоїдної форми. У ньому виконано вхідний отвір 2 і три вихідних отвори: перший вихідний отвір 3, другий вихідний отвір 4 і третій вихідний отвір 5.

Всі вихідні отвори знаходяться в площинах, перпендикулярних площині розташування вхідного отвору 2, причому вихідні отвори 3 і 4 розташовані в паралельних площинах, а вихідний отвір 5 – у площині, перпендикулярній їм.

У дифузорі співвісно із зазорами між собою встановлені направляючі тарелі 6, що утворюють розширення каналів перетікання ТС, повідомляють вхідний отвір 2 з його вихідними отворами 3, 4 і 5. Тарелі 6 встановлені так, що забезпечується гальмування ТС в каналах дифузора і витікання її з вихідних отворів з розрахунковими дозвуковими швидкостями.

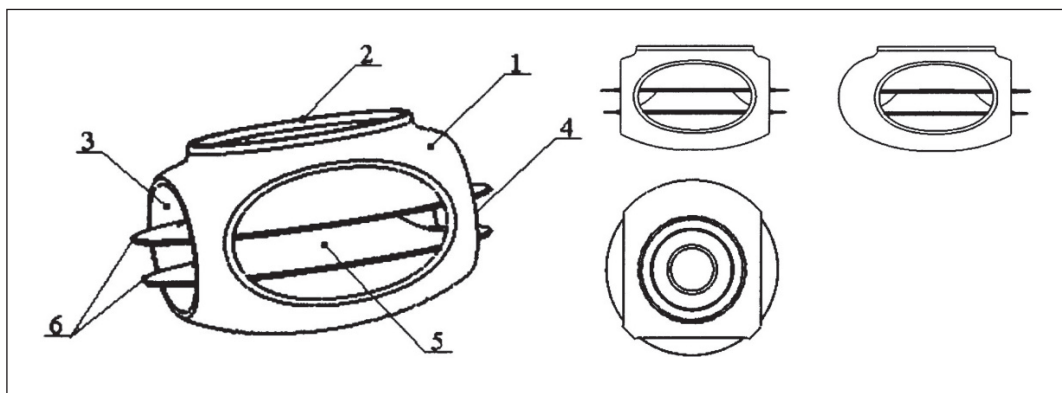


Рис. 1. Загальний вигляд дифузора

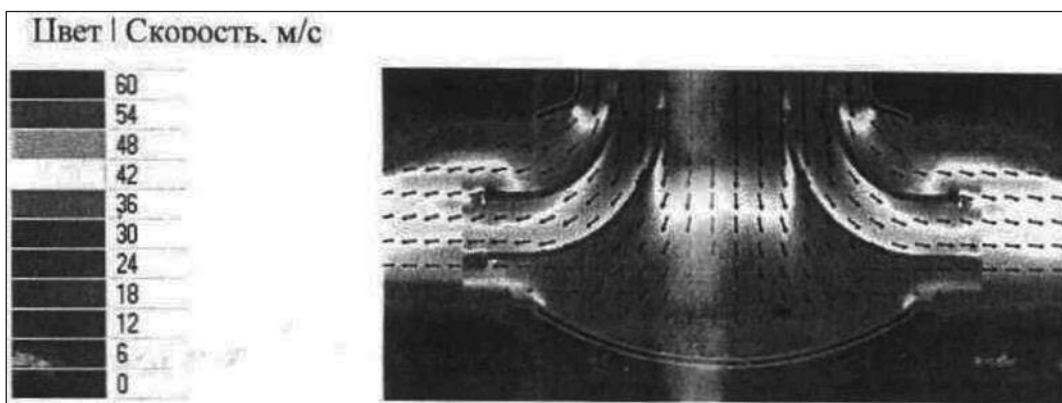


Рис. 2. Векторне поле швидкостей в каналах дифузорів

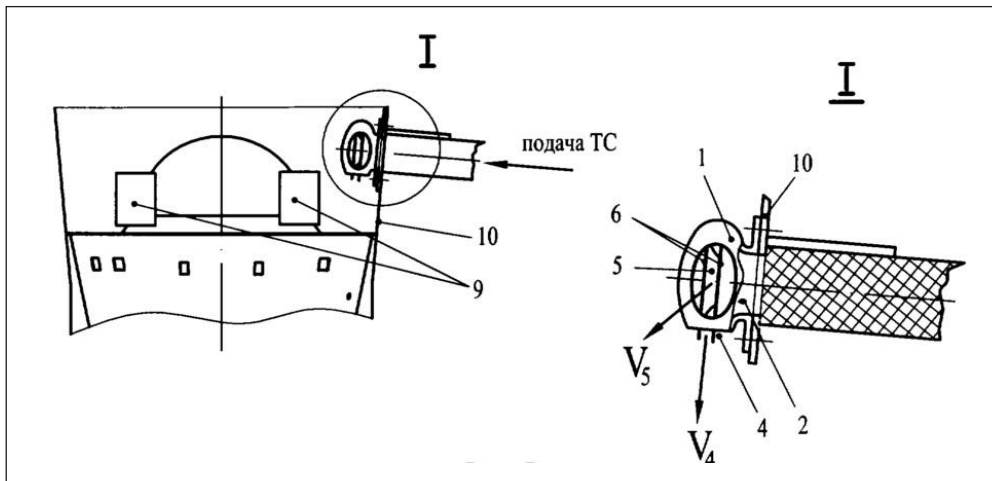


Рис. 3. Фрагмент РБ із застосуванням дифузора для термостатування приладів СУ

Дифузор призначений для формування потоку газу на виході з дифузора саме в осьовому напрямку, дифузор має обмежені експлуатаційні можливості, наприклад, для термостатування об'єктів, що розміщуються в блоках РН, що мають складну геометричну форму.

Відомі застосовувані в ракетній техніці пристрої вдуву (ПВ) [10] термостатуючого середовища (ТС) для термостатування ПГ, розміщеного в блоці БПГ, виконані у вигляді розпилювача, а також ПВ [10] ТС для термостатування приладового відсіку, розміщеного в розгінному блоці (РБ) РН, виконане у вигляді колектора з отворами закінчення ТС у його підставці. ПВ [10] з'єднані магістралями подачі ТС, розміщеними відповідно в БПГ і РБ.

ПВ [10] забезпечують розрахункові дозвукові швидкості витікання ТС у вихідних отворах пристроїв, необхідні для забезпечення термостатування цих об'єктів.

До недоліків цих технічних рішень слід віднести істотну вагу пристроїв та габарити і магістралі подачі ТС до них. Крім того, оскільки витікання ТС здійснюють в осьовому напрямку, знижується надійність термостатування об'єктів через можливість виникнення локальних теплонапружених зон відриву ТС у поверхні об'єктів. Це призводить до необхідності контролю температур у цих зонах в процесі термостатування об'єктів і зайвого навантаження на повітряну систему забезпечення термостатування (ПСЗТВ) об'єктів [11], яка забезпечує штатні газодинамічні параметри (витрати і температуру) ТС на вході в магістралі подачі ТС.

Відомі також ПВ [12] і ПВ [13] для термостатування ПО РБ. ПВ виконані у вигляді дозвукових дифузоров, що містять корпус з вхідним і принай-

мні одним вихідним отворами, в якому вхідний отвір, відповідно, розширюється каналом з вихідним отвором.

За технічним рішенням [12], дифузор містить вхідний і вихідний отвори, забезпечений криволінійним розширювальним каналом, що забезпечує його установку в РБ таким чином, що дотична до вісі дифузора в його вихідному перерізі спрямована під кутом до площини поперечного перерізу РБ і зі зміщенням щодо його вісі.

За технічним рішенням [13], дифузор містить вхідний і принаймні два вихідних отвори, забезпечені окремими криволінійними каналами з вхідним отвором, що забезпечують його установку в РБ з обтіканням ПО в тангенціальному до його бічної поверхні напрямку.

Технічні рішення [12] забезпечують розрахункові дозвукові швидкості витікання ТС з дифузоров, необхідні для термостатування ПО. Корпус дифузора може мати еліпсоїдну форму, кульову, циліндричну форму з глухою підставкою, з плоскими стінками, та іншу форму.

Кількість вихідних отворів і їх розміри вибирають залежно від складності геометричної форми об'єкта термостатування і компактності розміщення дифузора в блоці РН.

Недоліками розглянутих технічних рішень є:

- обмежені експлуатаційні можливості дифузора, оскільки він формує потік ТС в заданому напрямку по відношенню до об'єкта термостатування і призначений для термостатування конкретних об'єктів із заданою геометричною формою (ПО тороїдальної форми, прилади СУ, розміщені симетрично щодо вісі блоку), що не виключає можливості виникнення локальних теплонапружених зон відриву ТС на об'єктах

термостатування, що мають складну геометричну форму;

– недостатня компактність, складність конструкції і обмежені можливості розміщення дифузorzів в РБ, що призводить до ускладнення технології виготовлення і монтажу його в РБ з орієнтацією патрубків в заданому напрямку.

Висновки і перспективи подальших розвідок. Таким чином, застосування дифузора у вигляді замкнутої ємності симетричної форми з бічними вихідними отворами мінімізує розміри дифузора і спрощує його установку в умовах обмеженого вільного об'єму блоку РН, що покращує його конструктивно-компонувальні характеристики. Дифузори містять корпус з вхідним і вихідним отворами, з'єднані розширювальним каналом, що забезпечує витікання газового середовища з розрахунковими (дозвуковими) швидкостями в вихідному отворі дифузора. При цьому профільований канал дифузора забезпечує гальмування газового середовища, і в ньому відбувається перетворення кінетичної енергії потоку на тиск.

Результатами дослідження є застосування дифузора спрощеної конструкції і розширеними експлуатаційними можливостями для термостатування об'єктів, що розміщуються в блоках РН, у період їх передстартової підготовки.

Завдання дослідження вирішується таким чином, що дифузори для термостатування об'єктів ракети-носія, що містить корпус з вхідним і вихідними отворами, відповідно до винаходу, корпус

дифузора виконаний у вигляді замкнутої ємності симетричної форми з трьома вихідними отворами, що знаходяться в площинах, перпендикулярних площині розташування вхідного отвору, при цьому два вихідних отвори розташовані у взаємно перпендикулярних площинах, причому в дифузorzі співвісно із зазорами між собою встановлені направляючі тарелі, що утворюють розширювальні канали перетікання термостатуючого середовища, повідомляючи вхідний і вихідні його отвори.

Технічними результатами дослідження застосування дифузorzів є:

– простота конструкції і компактність дифузора, що істотно спрощує його виготовлення і монтаж в обмеженому вільному обсязі блоку РН;

– забезпечення закінчення ТС з окремих отворів дифузора у взаємно перпендикулярних площинах з розрахунковими швидкостями, що призводить до створення інтерференційного потоку ТС в блоці РН і перетікання ТС в окружному щодо осі блоку напрямку;

– можливість забезпечення різної кількості вихідних отворів, а також зміна напрямку потоку ТС в блоці РН за рахунок можливості повороту дифузора щодо його осі стосовно термостатування об'єктів різної геометричної форми.

Суть дослідження пояснюється схемами дифузorzів, що мають еліпсоїдну форму, і прикладами їх використання для термостатування об'єктів РН різного призначення.

Список літератури:

1. Николаев Ю.М., Соломонов Ю.С. Инженерное проектирование управляемых баллистических ракет с РДТТ. Москва : Военное изд-во министерства обороны СССР, 1979. 240 с.
2. Шишков А.А., Силин Б.М. Высотные испытания реактивных двигателей. Москва : Машиностроение, 1985. 208 с.
3. Установка для получения тепла: пат. 2087796 СССР. Утв. 20. 08. 1997.
4. Гонтарев Ю.К., Елисеев В.И., Кабакова Л.Б. Кипение в щелевых каналах двухфазных термосифонов. Системне проектування та аналіз характеристик аерокосмічної техніки. Дніпропетровськ : Навчальна книга, 2002. Т. 6. С. 51–71.
5. Технологии термостатирования аэрокосмических аппаратов. URL: <http://mikem.com.ua/termostatirovaniya.html> (дата обращения: 17.03.2017).
6. Система термостатування головного блока ракети : пат. 105764 Україна. № 201507748; заявл. 03.08.2015; опубл. 11.04.2016, Бюл. № 7. 5 с.
7. Спосіб повітряного термостатування ракети-носія на рідкому водні: пат. 92184 Україна. № u 2013 14810; заявл. 17.12.2013; опубл. 25.06.2014, Бюл. № 12. 6 с.
8. Диффузор для термостатирования объектов ракеты-носителя (варианты) : пат. 2353557 Российская Федерация. № 2007111610/11; заявл. 10.10.2008; опубл. 27.04.2009 Бюл. № 12. 11 с.
9. Пуков В. Н. Энциклопедия авиации. Москва : Эксмо, 2013. 294 с.
10. Руководство пользователя. SEA LAVNCH, March 26, 1966, Д688-10009-1, стр.5-2, 5-3.
11. Космодром / под. ред. проф. А.П. Вольского, Москва : МО СССР, 1977 г. 268 с.
12. Способ термостатирования объектов ракетного блока и бортовая система для его реализации: пат. 2 280 596. Российская Федерация. №2004123324/11; заявл. 20.01.2004. опубл. 27.07. 2006 Бюл. № 21. 10 с.

**Bulavka S.S. APPLICATION OF AIR DIFFUSER
FOR THERMOSTATING OF A LAUNCH VEHICLE**

Temperature control – a controlled energy supply selection or heating or cooling to maintain constant temperature environment. In this paper, the author discussed several examples of various incubation facilities launcher. For these processes, automatic thermostating systems of working environments are used, which have found wide application in the aerospace industry. The work is currently underway to create promising complexes for light and mid-range launch vehicles using an air diffuser. The urgent problem remains the creation of a thermostating system that ensures reliable, trouble-free operation with minimal economic and energy costs. Moreover, environmental safety and safety of personnel during operation must be ensured. The transport thermostating system is designed to maintain the temperature and humidity regime in an ambient space when transporting the launch vehicle from the assemble-and-test building to the horizontal launch site until the low-pressure thermostating system is put into operation, as well as when transporting the launch vehicle from the horizontal launch site to the assemble-and-test building in the event of launch cancellation. We consider research in this article, referring to the rocket and space technology, namely the means of providing incubation facilities launcher (RN), payload (HF) equipment management system (CS) and other facilities and is intended for incubation of these facilities during the prelaunch rocket units. The basic elements of the air diffuser incubation facilities rocket and its application. The results of this work is the use of the diffuser simplified design and enhanced operational capabilities for incubation facilities that are located in blocks of launch vehicles, during their prelaunch.

Key words: cone, use, temperature control, launch vehicles.